

# Función de nervios y ojivas en las bóvedas góticas.

Por LEOPOLDO TORRES BALBÁS, Profesor de la Escuela Superior de Arquitectura,  
Madrid.

## ARQUITECTURA CLÁSICA Y ARQUITECTURA GÓTICA.

Sintéticamente, puede decirse que en nuestro mundo occidental no ha habido hasta los tiempos modernos más que dos grandes arquitecturas, totalmente antagónicas: la clásica, a la que Grecia dió pureza de formas y exactitud de proporciones, y Roma avance técnico, monumentalidad y complicación, y la gótica. Las restantes fueron, o episodios sin importancia, o consecuencia de la primera, de cuya inexhausta herencia aún vivimos. Pórticos de columnas, inspirados más o menos directamente en los órdenes griegos y romanos, ostentan muchos edificios construídos en todos los países durante los últimos años, y no son pocos los que siguen al pie de la letra la lección de Grecia y Roma al coronarlos con un frontón.

En lo que se refiere a la distribución de masas y espacios—uno de los aspectos más fundamentales del arte constructivo—, las arquitecturas bizantina y románica no fueron más que una consecuencia de la romana. Hay iglesias del siglo XII en Provenza y Cataluña, inspiradas en

monumentos paganos, que a alguna distancia se creerían levantadas en época imperial. Recordemos — prueba aún más concluyente — los templos románicos revestidos en los siglos xvii y xviii con una decoración de ladrillo, cañizo y yeso para ponerlos a la moda de entonces. El enmascaramiento interior se ha podido hacer sin violencia, y molduras, pilastras o columnas, bóvedas de arista y de lunetos, disfrazan perfectamente el interior del edificio. La misma transformación realizada en una catedral gótica produciría una obra de un barbarismo híbrido y repulsivo, incapaz de engañar ni aún a las gentes menos sensibles a las formas plásticas <sup>1)</sup>.

Frente a la dilatada supervivencia de la arquitectura clásica, la gótica u ojival apenas si sobrepasó los tres siglos de desarrollo, extinguiéndose totalmente sin dejar sucesión, pues los ensayos hechos hace algunos años para resucitarla fracasaron rotundamente.

En las formas de la arquitectura clásica lo fundamental es el «orden», es decir, el pie derecho o columna con el dintel al que sostiene, sujetos ambos elementos a una cierta proporcionalidad, medida mediante una unidad lineal, el módulo, radio de la columna en la parte inferior del fuste. Hay, pues, en esta arquitectura una relación matemática, que casi en ningún período tuvo el rigor supuesto por los preceptistas, variando entre límites a veces de alguna amplitud.

En un edificio clásico su altura es función de la columna o pilastra situada en los paramentos verticales, a los que da un cierto ritmo, y cuando queremos acrecentarla hay que aumentar las dimensiones de todo el orden, o superponer varios — hasta cuatro colocaron los romanos, unos encima de otros, en el Coliseo —.

El arquitecto romano disciplina la altura del muro, pero las otras dos dimensiones que determinan el volumen del edificio, es decir, su longitud y su ancho, quedan en completa libertad <sup>2)</sup>. Una misma ordenación puede servir a un edificio de algunos metros de fachada y dilatarse en un pórtico de más de un kilómetro, como los de varias ciudades sirias.

Un examen superficial pudiera juzgar que los edificios góticos, anticlásicos en este como en otros muchos aspectos, carecen por completo de toda relación de proporciones. Pero, analizados con más deten-

<sup>1)</sup> Este antagonismo entre las arquitecturas clásica y gótica se muestra bien patente en el conocido desprecio sentido por las gentes desde el siglo xvi hacia la última, cuyo nombre de gótica significaba para ellas bárbara. Molière llama a los monumentos góticos «monstruos odiosos de siglos ignorantes»; a Racine la catedral de Chartres le parecía grande, pero un poco bárbara, y Rousseau dice que las grandes puertas, profusamente esculpidas, de las iglesias góticas «no subsisten más que para vergüenza de los que tuvieron la paciencia de labrarlas». Ver A. MICHEL: *Histoire de l'Art depuis les premiers temps chrétiens jusqu'à nos jours*, tom. II, première partie (Paris, 1906), págs. I-III.

<sup>2)</sup> Los edificios perípteros griegos obedecen a una plástica más exigente.

ción, las encontramos también en ellos, aunque concebidas con sentido muy distinto que en los griegos y romanos.

Las construcciones góticas abovedadas, es decir, la inmensa mayoría, están divididas en tramos, rectangulares o cuadrados casi todos, trapeziales, triangulares o poligonales de mayor número de lados el resto, correspondientes éstos a la cabecera y a la girola de los templos<sup>3)</sup>. Limitan longitudinalmente a los primeros dos arcos fajones o perpiaños, y, transversalmente, los muros u otros tantos formeros. El perímetro de los restantes queda también circunscrito por muros o arcos. Los edificios se forman en planta por la yuxtaposición de tramos, que constituyen su célula inicial y un cierto módulo<sup>4)</sup>. Son iguales todos los de la nave central y éstos condicionan las dimensiones de los de las laterales, iguales a la vez entre sí, y de los que forman el crucero y la cabecera, cuando se trata de un templo. De la longitud del tramo de la nave mayor depende la luz de los arcos que la separan de las adyacentes y de los huecos que van sobre ellos. Se trata, por lo tanto, de un módulo horizontal, puesto que afecta a las dimensiones de la planta, pero, inversamente a lo que ocurre en los órdenes clásicos, de módulo vertical, como se dijo, es independiente de su altura y ésta pudo elevarse hasta donde lo permitió la técnica constructiva<sup>5)</sup>. Así vemos en el siglo XIII, en el norte de Francia, cómo se rompe totalmente el equilibrio entre el ancho y la altura de los grandes templos, al irse elevando cada vez más sus naves centrales hasta el límite, increíble para la época, de los 47,50 metros de la clave de las bóvedas de la cabecera de la catedral de Beauvais.

La división en tramos no es invención del arte ojival; proviene del bizantino, es decir, de Oriente, a través del románico. Cada tramo de

<sup>3)</sup> El escaso número y reducida importancia de los edificios civiles góticos llegados a nuestros días comparados con los religiosos, justifica que, al hablar de arquitectura de ese estilo, se aluda casi siempre a los últimos.

<sup>4)</sup> P. ABRAHAM afirma que el paralelo del orden de la arquitectura clásica sería en la gótica las dos columnas y el arco agudo apeado en ellas, elemento único y universal, cuyo esquema se compone de dos verticales y otros tantos arcos de círculo, que ordena y da ritmo a todas las partes de la construcción, bóvedas inclusive. Pero este es un tema plástico repetido en el edificio — arcos ojivos, fajones, formeros, de separación de las naves, del triforio, de puertas y ventanas — sin vasallaje a proporción alguna (P. ABRAHAM: *Viollet-le-Duc et le rationalisme médiéval* (París, 1934), pág. 112, y *Les données plastiques et fonctionnelles du problème de l'ogive*, «Recherche», n.º 1, *Le problème de l'ogive*, París, 1939, pág. 30).

<sup>5)</sup> No hay relación directa entre la altura de las naves mayores de las catedrales góticas y las dimensiones de sus tramos. Tramos de magnitudes muy semejantes se ven en iglesias contemporáneas de escasa elevación y de considerable altura. Es bien sabido que, a partir de hacia 1200, para disminuir los empujes de sus bóvedas y dar estabilidad al edificio, se hacen tramos en la nave central cuyos lados menores tienen poca longitud, y los apoyos están, por lo tanto, próximos; pero este mismo tramo se emplea entonces igual para grandes catedrales que para pequeñas iglesias rurales.

los edificios levantados por estos dos últimos estilos artísticos se cubre con una bóveda formada por una superficie continua o por varias curvas que se encuentran según aristas vivas; el tramo gótico cúbrese también con una bóveda formada por varias superficies curvas, semejante, en su aspecto general, a la de arista, pero sus intersecciones quedan ocultas por arcos o nervios de resalto que unen casi siempre su centro con los vértices del polígono que determina el tramo. Los nervios limitan superficies cóncavas triangulares, llamadas plementos. En las bóvedas volteadas sobre plantas cuadriláteras los dos nervios

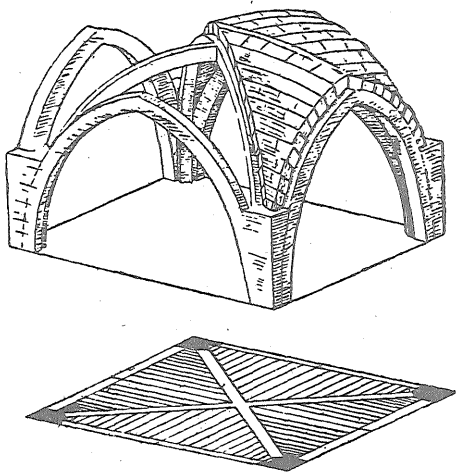


FIG. 1. Bóveda de ojivas.

diagonales de resalto reciben el nombre, derivado de la palabra hispanomusulmana «algibe», de ojivas (*ogive*, en francés) o arcos ojivos <sup>6)</sup> (fig. 1). En España también se les llamaba arcos cruceros. Las bóvedas de ojivas o de crucería son, pues, un caso particular, el más frecuente, de las nervadas.

La variedad de estas bóvedas góticas es grande. Cobijan, a veces, extensas superficies y, otras, muy reducidas. Cubren plantas triangulares, cuadradas, rectangulares, trapezoidales, poligonales de mayor número de lados, y aun circulares. No sólo se emplearon en las naves, girola y capillas de los templos, sino también en pórticos, torres, criptas y construcciones civiles y militares. Muchas bóvedas tienen tan sólo los dos nervios diagonales, es decir, los arcos ojivos o cruceros,

<sup>6)</sup> G.S. COLIN: *Origine arabe du mot français ogive* («Romania», LXIII, París, 1937, págs. 377-381); L. TORRES BALBÁS, *Origen árabe de la palabra francesa «ogive»* («Al-Andalus», VIII, Madrid, 1943, págs. 475-482).

pero en otras se añaden a éstos varios más : combados o ligaduras, que unen los puntos medios de los lados con la clave, y terceletes. Los nervios, de piedra sillería casi siempre, aunque los hay de ladrillo, pueden ser gruesos o muy delgados ; lisos, de sección rectangular o circular ; moldurados y con decoración. La clave está a la misma altura que las de los arcos fajones y formeros o más elevada, y es lisa o con talla. La plementería, a veces de gran espesor y en ocasiones muy delgada, puede ser de sillares, de sillarejos — lo más corriente —, de mampostería o de ladrillo. Despiézase, en los dos primeros casos, por hiladas normales a los arcos de cabeza o a los diagonales ; también por hiladas concéntricas, como si fuera una cúpula. Los nervios pueden estar empotrados en la plementería, llegando hasta su trasdós, o ser independientes de ella.

Un edificio gótico será macizo o calado, oscuro o luminoso, tendrá o no arbotantes, predominarán en sus muros los arcos de medio punto o los agudos, lo sostendrán delgadas columnas o gruesos pilares, poseerá o no decoración escultórica ; si se halla abovedado, como es el caso general, estará dividido en tramos, y todas o casi todas sus bóvedas se formarán por superficies curvas que se penetran y todas, sin excepción, tendrán nervios de resalto ocultando sus intersecciones <sup>7)</sup>.

#### TEORÍAS TRADICIONALES SOBRE LOS NERVIOS Y ARCOS OJIVOS.

El estudio de la arquitectura gótica, hasta entonces generalmente depreciada, comenzó en pleno romanticismo, y es obra de los últimos sesenta años del siglo XIX. Su genial exegeta fué el arquitecto francés Viollet-le-Duc, creador de una teoría o interpretación esencialmente mecánica del arte que desde el siglo XII al XVI levantó algunos de los edificios más originales, bellos y audaces de nuestro pasado monumental. La expuso, sobre todo, en las páginas de su monumental *Diccionario* <sup>8)</sup>. A fines del siglo pasado el ingeniero Augusto Choisy adoptó, en líneas generales, sus conclusiones, dándoles mayor cohesión y unidad de las que tenían en la inevitable fragmentación de un diccionario, fértil, además, en contradicciones <sup>9)</sup>. Hasta hace muy pocos años las explicaciones de Viollet-le-Duc y de Choisy han sido generalmente admitidas y, en algunos casos, exageradas.

<sup>7)</sup> Las bóvedas de medio cañón con nervios de resalto, escasísimas, y las de horno que también los tienen en algunos edificios de los comienzos del gótico, creo que no pueden considerarse más que como interpretaciones bárbaras de bóvedas nervadas hechas por gentes que ignoraban su construcción.

<sup>8)</sup> E. VIOLLET-LE-DUC : *Dictionnaire raisonné de l'architecture française du XI<sup>e</sup> au XVI<sup>e</sup> siècle*, 10 vols. (París, 1854 a 1868). Véase también, del mismo autor, *Entretiens sur l'architecture*, 2 vols. y un atlas (París, 1863 a 1872).

<sup>9)</sup> A. CHOISY : *Histoire de l'Architecture*, II (París, 1899), págs. 267-275.

No voy a hacer aquí el proceso, hoy en revisión, de esas teorías; quiero tan sólo examinar brevemente lo que enseñan la observación y la experiencia sobre la función de los nervios y arcos ojivos, tan característicos, se ha dicho, de la arquitectura gótica, como los órdenes lo son de la griega <sup>10)</sup>. Prescindiré casi en absoluto de consideraciones mecánicas y principios de elasticidad, esencialmente empíricos <sup>11)</sup>, para interrogar a los mismos monumentos, más olvidados de lo debido en estas discusiones.

Según las teorías del siglo pasado, la bóveda de ojivas creó la arquitectura gótica, desempeñando en su desarrollo artístico un papel primordial y exclusivo; las restantes partes de la construcción se deducen naturalmente de ella <sup>12)</sup>, por lo que «ninguna arquitectura ha sido más racionalista ni más lógica que la francesa de la Edad Media» <sup>13)</sup>. Los problemas mecánicos son en esa arquitectura los fundamentales, de los que derivan todas sus características, con un acuerdo íntimo entre la estructura y la estética. Los arcos fajones, formeros y ojivos forman como un esqueleto que sustenta la bóveda, es decir, la plementería <sup>14)</sup>. Los arcos ojivos refuerzan la bóveda, descomponen y localizan los empujes <sup>15)</sup>, y transmiten éstos a sus cuatro

<sup>10)</sup> H. FOILLON: *Le problème de l'ogive*, «Recherche», n.º 1, 1939, pág. 5.

<sup>11)</sup> «Ciencias empíricas, la estabilidad de los edificios y la resistencia de materiales se basan sobre hipótesis comprobadas por la práctica cotidiana» (P. ABRAHAM: *Viollet-le-Duc*, págs. 3-4). «Como toda teoría matemática aplicada a cuerpos naturales, este cálculo [el del reparto del peso total en una bóveda de medio cañón con arcos fajones] no dará nunca más que soluciones aproximadas, pero no serán por ello menos exactas que los otros resultados que proporciona la resistencia de materiales» (H. MASSON: *Le rationalisme dans l'architecture du moyen âge*. «Bulletin Monumental», XCIV, 1935, París, pág. 34).

<sup>12)</sup> «El que conoce bien la estructura de la bóveda gótica y los infinitos recursos que ofrece su construcción, ve cómo las restantes partes del edificio se deducen naturalmente de ella» (E. VIOLLET-LE-DUC: *Dictionnaire*, I, pág. 191; IV, pág. 85, y IX, pág. 543). La misma idea se expone, en fecha más próxima, en la *Nouvelle Histoire Universelle de l'Art*, publiée sous la direction de Marcel Aubert, I (París, 1932, pág. 320). «Demostraré que las bóvedas de ojivas de la Isla de Francia, lógicamente construídas, bien contrarrestadas, capaces por un rápido proceso evolutivo de llegar a la perfección, han sido el principal instrumento del magnífico desarrollo del arte gótico» (M. AUBERT: *Les plus anciennes croisées d'ogives, leur rôle dans la construction*. «Bulletin Monumental», XCIII, 1934, París, págs. 5-6).

<sup>13)</sup> R. DE LASTEYRIE: *L'architecture religieuse en France à l'époque gothique*, I (París, 1926), pág. 344.

<sup>14)</sup> E. VIOLLET-LE-DUC: *Dictionnaire*, IV, págs. 33, 35 y 110; IX, págs. 441, 502, 505, 508, 517, 524 y 539; A. CHOISY, *Histoire de l'Architecture*, II, págs. 268, 269 y 292.

<sup>15)</sup> J. A. BRUTAILS: *Précis d'archéologie du moyen-âge*, segunda edición (París, 1924), pág. 133; AUBERT: *Les plus anciennes croisées d'ogives* («Bulletin Monumental», XCIII, 1934, págs. 141, 142, 152, 153, 156 y 166). «Los arcos ojivos no solamente facilitan la construcción de la bóveda y dan una gran seguridad a los constructores mientras asienta y fragua el mortero; también refuerzan la bóveda en sus puntos débiles, a lo largo de las aristas y en su región superior y en tanto mayor grado cuanto los plementos estén construídos ligeramente o con materiales de mediana calidad» (M. AUBERT: *Origine et développement de la voûte sur croisée d'ogives* («Recherche», n.º 1, 1939, págs. 98-99).

puntos de arranque <sup>16)</sup>). Aubert, siguiendo la teoría tradicional, ha definido las ojivas como cimbras permanentes <sup>17)</sup>, y Brutails la llevó a sus últimas consecuencias al escribir que el sistema es análogo al de una cubierta de zinc sostenida por una armadura de hierro <sup>18)</sup>.

## CRÍTICA DE LA TEORÍA TRADICIONAL ACERCA DE NERVIOS Y OJIVAS.

Creo que fué un arqueólogo norteamericano, que había visto muchos monumentos medievales, Kingsley Porter, uno de los primeros que, observando bóvedas cuya plementería estaba en perfecto equilibrio, a pesar de la caída de sus arcos ojivos, emitió la hipótesis de que éstos servían sobre todo de cimbras, habiéndose exagerado mucho su importancia respecto al sostenimiento de la bóveda. Como ejemplo citó las de la abadía francesa de Longpont, desprovistas de ojivas y en equilibrio, a pesar de ello <sup>19)</sup>.

Mis observaciones en algunos edificios españoles, como en las dependencias del monasterio de la Espina (Valladolid), coincidieron con las de Porter, por lo que afirmé hace años que en bastantes casos las ojivas no soportaban la bóveda y podían desaparecer sin riesgo para ésta <sup>20)</sup>.

El ingeniero francés Víctor Sabouret, como resumen de sus estudios sobre los monumentos góticos de su país, concluye del papel puramente decorativo de los nervios en las bóvedas de arista que los tienen <sup>21)</sup>.

El más destacado crítico, en los últimos años, de las teorías de Viollet-le-Duc y de sus seguidores, el arquitecto P. Abraham, ha afirmado que, en las góticas, es la plementería la verdadera bóveda, en equilibrio por sí misma, decorada o no en su intradós con nervios salientes; éstos son, pues, prácticamente indiferentes desde el punto de vista del equilibrio general del edificio, y si se desprenden, como suele ocurrir en el caso de no estar empotrados en la plementería, ésta se mantiene perfectamente en el espacio. Los principios mecánicos

<sup>16)</sup> A. CHOISY: *Histoire de l'Architecture*, II, pág. 270.

<sup>17)</sup> *Ibidem*, págs. 269-270; M. AUBERT: *Nouvelle Histoire Universelle de l'Art*, I, págs. 321-324, y *Les plus anciennes croisées d'ogives* («Bulletin Monumental», XCIII, 1934, págs. 13, 70, 147, 154, 155, 165).

<sup>18)</sup> J. A. BRUTAILS: *Précis d'archéologie du moyen âge*, pág. 133, y *Pour comprendre les monuments de la France* (París, 1922), pág. 42.

<sup>19)</sup> A. K. PORTER: *The construction of Lombard and gothic vaults* (New Haven, 1911), pág. 16.

<sup>20)</sup> L. TORRES BALBÁS: *De cómo evoluciona una teoría de la historia de la construcción* («Arquitectura», III, Madrid, 1920, págs. 205-215).

<sup>21)</sup> V. SABOURET: *Les voûtes d'arête sur nervures. Rôle simplement décoratif des nervures* («Le Génie Civil», París, 3 marzo 1928).

sobre los que se fundan las teorías del siglo pasado, afirma el citado arquitecto, son totalmente erróneos <sup>22)</sup>.

Criticando varias de las afirmaciones de Abraham, tal vez algo exageradas en su ardor iconoclasta, el ingeniero H. Masson sostiene que las bóvedas de algún espesor no necesitan nervios u ojivas que las sostengan; pero, si son muy delgadas y la superficie que cubren algo extensa, como la resistencia de una fábrica sometida a flexión disminuye proporcionalmente al cuadrado de su grueso, es indispensable reforzarlas con nervios que entonces soportan parcialmente el peso de la plementería <sup>23)</sup>.

En la arquitectura gótica, por lo menos durante los siglos XII al XIV, las bóvedas son de grueso más que suficiente para sostenerse por sí mismas, sin necesitar el refuerzo de nervios <sup>24)</sup>. La estructura de las de los siglos XV y XVI, muchas con mayor número de éstos, no ha sido estudiada detalladamente, por lo que se ignora si la multiplicación de los nervios coincide con la disminución del espesor de su plementería, como es más probable.

#### LO QUE NOS DICEN LAS BÓVEDAS EN RUINA.

Sin entrar en el estudio mecánico de las bóvedas de nervios con arreglo a las modernas teorías empíricas de la elasticidad, creo que es fundamental, para llegar al conocimiento íntimo de aquéllas, analizar sin prejuicios las bóvedas en ruina. Esto es lo que se hizo después de la guerra de 1914-1918, con deducción de conclusiones, algunas de las cuales parecen hoy equivocadas <sup>25)</sup>, y lo que intenté hacer, más reciente-

<sup>22)</sup> P. ABRAHAM: *Viollet-le-Duc*, págs. 26-27 y 43-44; *Viollet-le-Duc et le rationalisme médiéval* («Bulletin Monumental», XCIII, 1934, págs. 71 y 85). La conclusión de ABRAHAM es que «respecto a la estructura, es decir, al equilibrio general del edificio, el empleo de los nervios es prácticamente indiferente» (*Les données plastiques et fonctionnelles du problème de l'ogive*. «Recherche», n.º 1, pág. 44). Reconoce que en casos excepcionales de nervios u ojivas extraordinariamente gruesos, como los empleados en el siglo XII en pórticos y torres-campanarios y en todo el período gótico en sótanos y construcciones civiles y militares, refuerzan la bóveda, aumentando su resistencia. Ambas conclusiones me parecen evidentes.

<sup>23)</sup> H. MASSON: *Le rationalisme dans l'architecture du moyen âge* («Bulletin Monumental», XCIV, 1935, págs. 41-43).

<sup>24)</sup> El espesor de las bóvedas de ojivas de la nave central de la catedral de Sigüenza varía entre 32 y 45 centímetros; las de las naves laterales, algo más antiguas, entre 40 y 64. Las bóvedas de Santa María del Mar, de Barcelona, construidas con piezas huecas de alfarería — botes, orzas y jarras — tienen un espesor mínimo de 60 centímetros. De la misma manera están hechas las de la capilla del Sacramento en la iglesia del Pino de aquella ciudad (B. BASSEGODA MUSTÉ: *Racionalismo a ultranza en la arquitectura ojival*. Memorias de la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona, XXVII, 1944, págs. 5-6). Las bóvedas de la catedral de Reims tienen cerca de 60 centímetros de espesor.

<sup>25)</sup> R. GILMAN: *The theory of gothic architecture and the effect of shellfire at Reims and Soissons* («American Journal of Archeology», XXIV, 1920, págs. 37-72). Traducción española en la revista «Arquitectura», III, Madrid, 1920, págs. 216-222 y 237-254).



mente, respecto a las bóvedas de la catedral del Sigüenza, mutiladas por un lamentable traumatismo castrense <sup>26)</sup>.

Es evidente que en muchas bóvedas nervadas se han desprendido espontáneamente nervios y ojivas sin que su estabilidad sufra alteración. El hecho puede comprobarse, por ejemplo, en algunas depen-

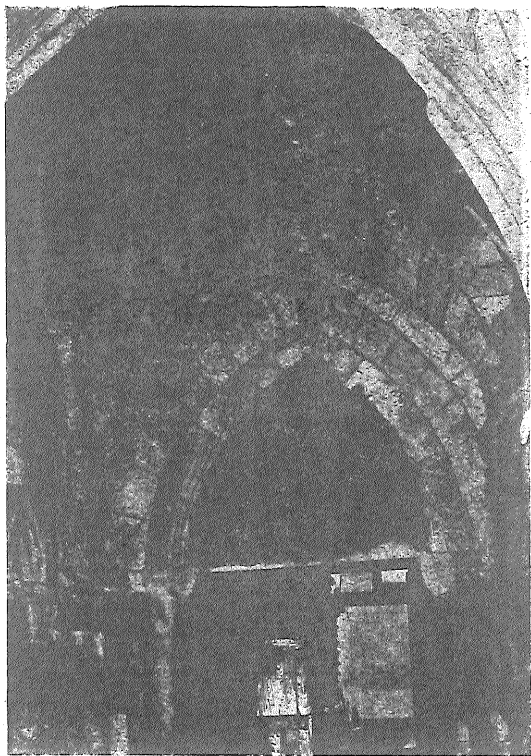


FIG. 2. Monasterio de Huerta (Soria), bóveda del claustro. (Pérdida total de los arcos ojivos).

(Fot. Torres Balbás).

dencias del monasterio de La Espina (Valladolid), en el tramo inmediato a la puerta de la iglesia del monasterio de Huerta (Soria) (fig. 2), en las naves en ruina de la iglesia del de Piedra (Zaragoza), cuyos tramos tienen 7 por 5 metros, y en la bóveda inmediata al brazo norte del crucero de la girola de la catedral de Ávila.

<sup>26)</sup> L. TORRES BALBÁS: *Las teorías sobre la arquitectura gótica y las bóvedas de ojivas* («Las Ciencias», IV, Madrid, 1939, págs. 223-233).

A causa de incendios y bombardeos perdieron también sus ojivas durante la última guerra, sin que por ello se alterase la estabilidad de la plementería sobre ellas, algunas bóvedas de las catedrales de Sigüenza (tramos de la nave central de 11,50 por 10 metros) (fig. 3) y Tortosa y de la colegiata de Santa Ana e iglesia del Pino, de Barcelona <sup>27)</sup>. La misma observación pudo hacerse, después de la guerra de 1914-1918, en varias grandes iglesias góticas francesas, cuyas bóvedas, perforadas y ruinosas, sosteníanse a pesar de la caída de los

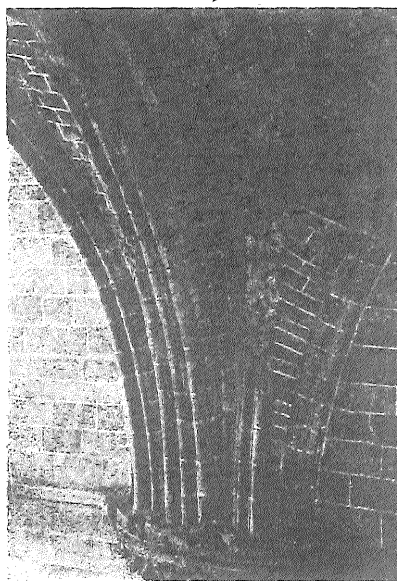


FIG. 3. Catedral de Sigüenza. Arranque de una de las bóvedas de ojivas de la nave central. (Tan sólo queda el arranque del arco ojivo; en la parte superior se ve el sillarejo recientemente colocado tapando una perforación).

(Fot. Torres Balbás).

nervios que se juzgaban indispensables para su estabilidad: catedrales de Reims, Noyon, Soissons, Saint-Remy de Reims, etc.

Tampoco sostienen la plementería los nervios y arcos ojivos en el caso de estar empotrados en ella, disposición de la cual hay numerosos ejemplos en nuestra arquitectura, desde la cúpula de la torre del Gallo, en la catedral vieja de Salamanca, levantada a finales del siglo XII, y las bóvedas de las naves laterales de la catedral de Sigüenza, de los

<sup>27)</sup> B. BASSEGODA: *Racionalismo a ultranza en la arquitectura ojival* («Memorias de la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona», XXVII, 1944, láminas).

primeros años del XIII, hasta la cúpula del hospital de Santa Cruz, de Toledo, del siglo XVI, y las bóvedas que se construían en el XVII, aun de crucería, en la catedral nueva de Salamanca <sup>28)</sup>. Suelen tener los nervios de estas bóvedas unos retallos laterales en los que encajan los

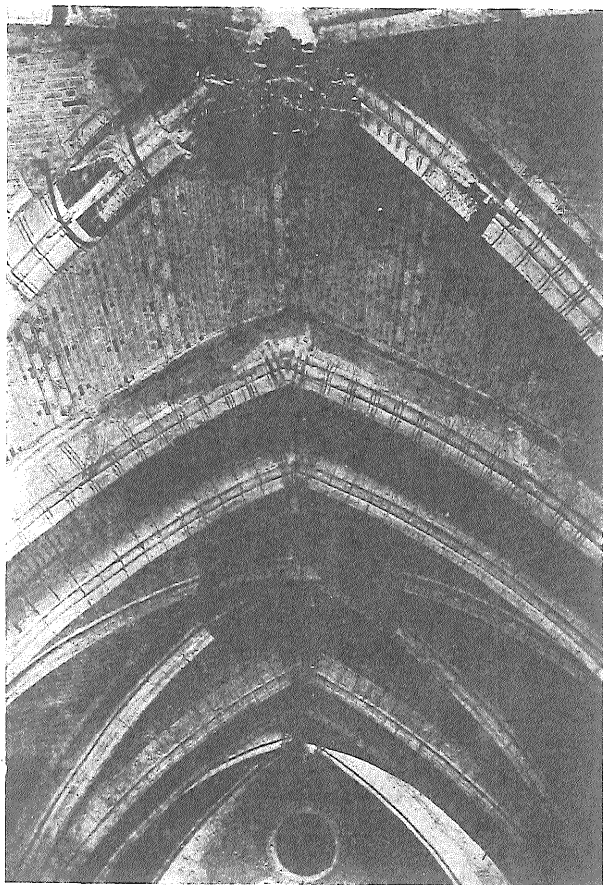


FIG. 4. Iglesia parroquial de Tobed (Zaragoza). Bóvedas. (En la parte superior izquierda se ve una dovela de arco ojivo sujeta por dos estribos a la plementería).

(Fot. Mora).

plementos. Es indudable que podría rozarse la parte de los nervios que sobresale de su intradós sin mengua de la estabilidad, aunque sí sufrirían una mutilación de orden estético.

<sup>28)</sup> S. GARCÍA: *Compendio de Arquitectura y simetría de los templos*. (Edición José Camón, Salamanca, 1941), págs. 61-65.

Curioso ejemplo demostrativo de la inutilidad de los arcos ojivos para sostener y reforzar la plementería ofrece una de las bóvedas de la nave de la iglesia parroquial de Tobed (Zaragoza) (fig. 4), construída en el siglo XIV. Su plementería es de ladrillo y las ojivas gruesos arcos de piedra. En época ignorada, probablemente por un asiento o movimiento del pilar, que produjo un esfuerzo de tracción en la bóveda, una de las dovelas de un arco ojivo resbaló sobre el lecho de la que forma clave. El remedio eficaz fué sujetarla con dos estribos de hierro empotrados en la plementería. Ésta es, pues, la que sostiene a la porción de ojiva.

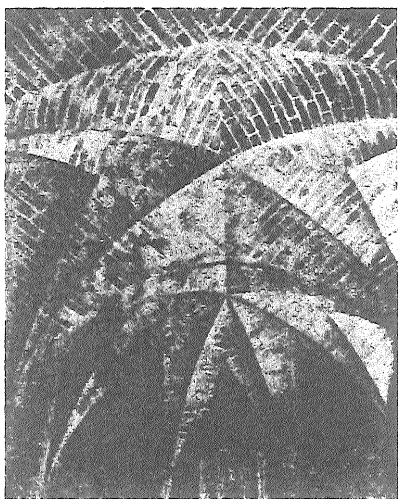


FIG. 5. Exconvento de Santo Domingo, Valencia. Bóvedas sin nervios de la capilla de los Reyes.

Algunos constructores del último período gótico diéronse cuenta de la inutilidad de nervios y ojivas para el equilibrio de las bóvedas y, como por entonces la estereotomía había dado un gran avance respecto a la Edad Media, pudieron voltear bóvedas estrelladas, idénticas a las góticas contemporáneas, pero sin nervios, encontrándose las superficies curvas según aristas vivas. Los que en los últimos años han estudiado las bóvedas nervadas ignoraron esos ejemplos, en los que es de admirar la ciencia estereotómica de sus constructores, pero no su sentido artístico, pues sin los nervios pierden toda la claridad y fuerza de su trazado, lo que demuestra la importancia estética y plástica de ese elemento al que tan sólo se le concedía mecánica. Tres son los ejemplos que conozco. Uno es el de las bóvedas que cubren la capilla de los Reyes en el exconvento de Santo Domingo de Valencia (fig. 5),

que creo construídas a fines del siglo xv<sup>29)</sup>. Hay dos de arista, y otra, a continuación, sobre el presbiterio de la única nave, estrellada; las tres tienen lunetos. Del mismo tipo son las que cubren la nave mayor de la iglesia de Santa María del Azoque, en Benavente (Zamora), pero adornadas con « algunos miembros de crestería, grandes filaterías con labores del Renacimiento y florones recorriendo los perpiaños »<sup>30)</sup>. Volteáronse en el primer tercio del siglo xvi. Muy semejante a la del presbiterio de Valencia, hasta el punto de autorizar la sospecha de existir una relación entre ambas, es la que cubre la capilla funeraria

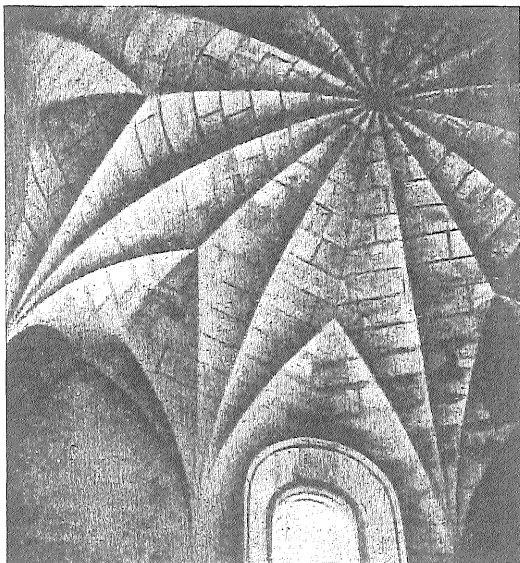


FIG. 6. San Pedro de Assier (Depart. del Lot, Francia). Bóveda estrellada, sin nervios, de la capilla de Galiol de Genouillac.

de Galiol de Genouillac, adosada a la iglesia de San Pedro de Assier, en el departamento francés del Lot (fig. 6). Es estrellada y los lechos

<sup>29)</sup> Se viene afirmando desde las noticias publicadas por L. TRAMOYERES BLASCO (*Un tríptico de Jerónimo Escoc en el Museo de Valencia*, « Archivo de Arte Valenciano », 1, Valencia, 1915, págs. 90-96) que la capilla de los Reyes de Santo Domingo de Valencia fué construída por Francisco Baldomar de 1439 a 1457. Pero las bóvedas parecen más tardías; tal vez sean obra del arquitecto de la Lonja (1482-1498), Pedro Compte († 1506). En el segundo piso de la torre de este edificio hay una bóveda de planta circular sobre pechinas, compuesta de ocho plementos cóncavos que se encuentran según aristas vivas, del mismo tipo, aunque de diferente trazado, que las de la capilla de los Reyes.

<sup>30)</sup> M. GÓMEZ-MORENO: *Catálogo Monumental de España, Zamora*, Texto (Madrid, 1927), pág. 263.

de sus dovelas, como en la de Valencia, son normales a las aristas de resalto. Construyóse de 1546 a 1550 <sup>31</sup>).

Algunas de las bóvedas francesas y españolas citadas que han perdido sus nervios por la acción de los modernos ingenios guerreros, tienen, o tenían, por la misma causa, grandes soluciones de continuidad en la región, unánimemente considerada como crítica, de las aristas.

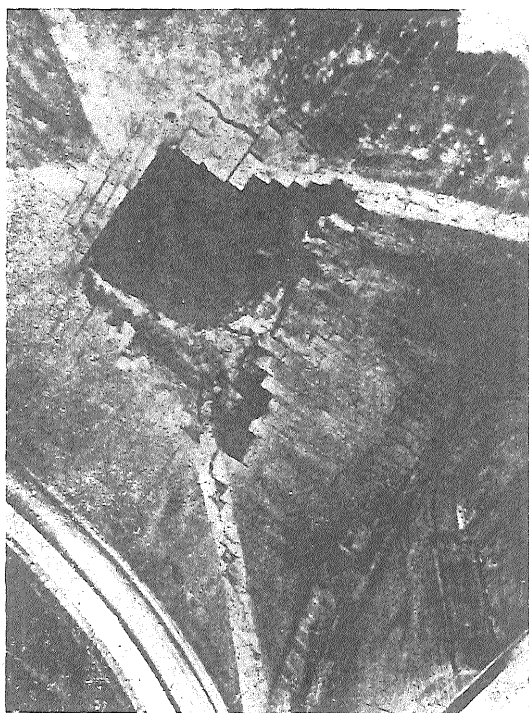


FIG. 7. Catedral de Tortosa (Tarragona). Bóveda de la nave mayor. (Bóveda en equilibrio a pesar de la destrucción de su parte central y de la pérdida de los arcos ojivos).

En las bóvedas de arista, tengan o no nervios, afirma Abraham, con perfecta ortodoxia ahora, las presiones se transmiten en la masa desde la clave hacia los riñones, en la dirección indicada en planta por las aristas, constituyéndose en forma espontánea en el espesor de la plementería un arco diagonal, simétricamente respecto a la arista y con un ancho

<sup>31</sup>) *Congrès Archéologique de France, Ce session tenue à Figeac, Cahors et Rodez en 1937 par la Société Française d'Archéologie* (París, 1938), págs. 348-350. Sospecho que las bóvedas de Valencia y Assier derivan de las descritas en algún tratado de arquitectura contemporáneo.

indeterminado ; estos arcos irreales, sin existencia independiente, son los que soportan la bóveda <sup>32)</sup>. Parece contradecir esta hipótesis el hecho de mantenerse bóvedas en equilibrio a pesar de tener grandes perforaciones en la región de las aristas. En la catedral de Sigüenza hubo, desde 1936 hasta enero de 1938, en que la derribó una bomba de aviación, una bóveda sexpartita que cubría el brazo norte del crucero, con un enorme boquete en su ángulo noroeste, habiendo desaparecido también el arco que la separaba del tramo central del crucero y, totalmente, uno de los arranques de la bóveda inmediata, con las partes de plementería más próximas. De la bóveda sexpartita del presbiterio aún se conservaba en 1940 la mitad, a pesar de la falta de la clave y de los tres nervios de la parte subsistente. La bóveda de un tramo de la nave mayor de la catedral de Tortosa tenía, en 1940, una enorme perforación en su centro, manteniéndose el resto, sin embargo, en equilibrio (fig. 7). En iglesias francesas afectadas por la guerra de 1914-1918 se registraron hechos análogos.

Las anteriores observaciones prueban de manera indudable que la plementería de casi todas las bóvedas góticas no descansa sobre los nervios y arcos ojivos, y éstos no refuerzan la bóveda — a menos de tener considerable sección — ni pueden convertir una carga, que no soportan, en empuje. Actúan en las bóvedas nervadas presiones difusas y la experiencia dice que trabajan casi siempre como cúpulas, por lo que pueden sostenerse faltando su parte central. Otras veces, al sufrir ciertas mutilaciones, su acción mecánica es parecida a la de las bóvedas semicilíndricas <sup>33)</sup>.

#### FUNCIÓN REAL DE LOS NERVIOS Y ARCOS OJIVOS.

Si nervios y ojivas ni sostienen ni refuerzan la bóveda, ¿cuál es su función real en los edificios levantados desde el siglo XII hasta el XVI? ¿Se utilizaron como tapajuntas? <sup>34)</sup> ¿Responden exclusivamente a una intención estética, conforme han afirmado varios arqueólogos alemanes, entre ellos Gall y K. H. Claren? No ven éstos en la arquitectura más que un juego de volúmenes y proporciones, independiente de toda necesidad técnica, y suponen que los maestros medievales trataron tan sólo de prolongar en las bóvedas la verticalidad de los

<sup>32)</sup> P. ABRAHAM: *Viollet-le-Duc*, pág. 29.

<sup>33)</sup> Es sabido que una parte de una fábrica puede trabajar como un arco, aunque no esté despiezada en dovelas. proyectiles de cañón de 15 y medio destruyeron en 1936 la parte baja del muro que cerraba el brazo meridional del crucero de la catedral de Sigüenza, que quedó cortado a cierta altura, horizontalmente, en una longitud de varios metros. Así se sostuvo durante varios años, sin apeo alguno, lo que se explica por haberse formado un arco «mecánico» sobre el vano.

<sup>34)</sup> La utilización como tapajuntas debe desecharse, pues las bóvedas iban siempre revestidas y pintadas, de modo que su despiezo quedaba oculto.

pilares, apercibiéndose entonces de las ventajas constructivas de los arcos ojivos <sup>35</sup>).

Abraham ha contestado satisfactoriamente a estas preguntas <sup>36</sup>). Voy a seguirle, pero modificando algo, conforme a mi experiencia, sus explicaciones <sup>37</sup>).

Era frecuente en las iglesias medievales construir las bóvedas con bastante posterioridad, a veces de siglos, respecto a los muros que iban a sustentarlas, con lo que daban tiempo al asiento de éstos. Muchos templos permanecieron durante largo plazo cubiertos total o parcialmente con armaduras de madera; abundan los levantados a fines del siglo XII o en el XIII cuyas bóvedas son del XV o XVI, a veces por ruina de las anteriores, pero más frecuentemente por haberse suspendido su construcción a causa de la falta de recursos.

Una bóveda de arista — y así se definen tradicionalmente las romanas de sillería — se forma por dos superficies idénticas, semicilíndricas, de revolución, que se encuentran según líneas curvas planas. Pero al ser distintas la altura y la luz de las superficies, como ocurre en las bóvedas góticas, sus intersecciones son líneas alabeadas, es decir, no planas. El constructor de la Edad Media, ignorante de la geometría de tres dimensiones, no sabía determinarlas para concretar su forma en el espacio, por lo que, al imponer el empleo de las bóvedas de penetraciones de superficies curvas necesidades constructivas, sentimientos artísticos, gustos o modas, discurrió ingeniosamente comenzar por construir las aristas de intersección convertidas en arcos de círculo, curvas planas por tanto, de fácil trazado y aparejo. Una vez así construídas las cimbras de los arcos fajones y de los nervios y subidos los muros laterales hasta la acometida de los plementos arrimados a ellos, volteábanse esos cuatro arcos y, en el caso de haberlos, los dos formeros. Éstos no necesitaban cimbra alguna, sustituida con ventaja por los muros terminados en forma arqueada en los que encajaban las dovelas de los plementos correspondientes. Cerrados esos arcos, sin quitar las cimbras sobre las que se voltearon, íbanse rellenando empíricamente los plementos alabeados, partiendo desde los arranques angulares inferiores y sin preocuparse por que fueran geométricamente regulares las superficies así formadas. Para realizarlo, excepto en las bóvedas de dimensiones extraordinarias, bastaba emplear cerchas y aun de éstas

<sup>35</sup>) H. CLAREN: *Baukunst des Mittelalters. Die gothische Baukunst* (1932), según cita de M. AUBERT, *Les plus anciennes croisées d'ogives* («Bulletin Monumental», XCIII, 1934, págs. 137-138).

<sup>36</sup>) P. ABRAHAM: *Viollet-le-Duc*, págs. 59-60, y *Les données plastiques et fonctionnelles du problème de l'ogive* («Recherche», n.º 1, págs. 49-50).

<sup>37</sup>) Por no alargar más estas páginas prescindo de la descripción detallada de la construcción de las bóvedas de ojivas en la Edad Media y del concepto que de su utilidad tenían los constructores de entonces.



prescindirían en muchas ocasiones <sup>38</sup>). Los plementos apoyábanse en el trasdós de los arcos ojivos y fajones, y en el muro o en los formeros, que hacían oficio de verdaderas cimbras; en el caso de penetrar los arcos ojivos en la plementería, en sus retallos laterales <sup>39</sup>). Cerrada la bóveda, se sostenía por sí misma, igual que las romanas de sillería sentada a hueso, es decir, sin interposición de mortero. Pero mientras éstas, al estar bien construídas y contrarrestadas, no tendrían movimiento alguno, las medievales de ojivas, desde su terminación hasta el completo fraguado y endurecimiento del mortero, sufrían no pocos movimientos.

Los arcos ojivos no soportaban, pues, la bóveda por sí solos durante la construcción; les ayudaban temporalmente sus cimbras, así como los fajones y los muros laterales. Arcos fajones, formeros y ojivos formaban como un esqueleto, bastante rígido por su aparejo en largas dovelas y el poco mortero interpuesto entre sus lechos, mientras la plementería, generalmente de sillarejo de mediana labra, con abundante mortero entre sus dovelas y de considerable espesor, sufría, por el asiento de muros y arcos y el fraguado del mortero, grandes movimientos y deformaciones <sup>40</sup>). La terminación de las bóvedas y su descimbrado era el momento crítico para el edificio: las de no pocos templos cayeron entonces, y en bastantes de las que subsisten se aprecian antiguos movimientos y deformaciones cuya magnitud asombra. Pero para verlas hay que subir a la parte alta del templo; desde el pavimento tan sólo se percibe el vigoroso trazado de los arcos ojivos, fajones y formeros en el espacio: las irregularidades de la plementería, elemento neutro para la vista, no se aprecian desde ese lugar.

En resumen, los nervios y arcos ojivos facilitaban la construcción de la bóveda; sirviendo a modo de cimbras, ayudaban a sostenerla

<sup>38</sup>) Las perforaciones de las bóvedas de la nave mayor de la catedral de Si-güenza, alguna de 2,45 por 2,20 metros — 5,39 superficiales —, a 26 metros de altura sobre el pavimento de la iglesia, se cerraron de 1937 a 1939 sin necesidad de andamio ni cercha alguna: un operario colgado en una jaula, ayudado por otros situados en el trasdós de la bóveda, iba colocando y acuñando sillarejos paralelepípedicos hasta conseguir cerrar los huecos. Claro que el empleo de mortero de fraguado rápido facilitaba la operación, respecto a la que tendrían que realizar los constructores de la Edad Media.

<sup>39</sup>) P. ABRAHAM dice — *Viollet-le-Duc*, pág. 51 — que cuando los arcos ojivos penetran en la bóveda no la sostienen. Esto es cierto si está cerrada, pero hasta entonces, en el período de construcción, es indudable que ayudan a soportar los plementos a medida que se van rellenando, pues cada hilada apoya en la inferior y en los arcos ojivos por un extremo, y en los fajones o formeros por el otro.

<sup>40</sup>) Contra lo que afirma Abraham, los arcos ojivos son más rígidos que la plementería y contribuyen a limitar las deformaciones de ésta. CHOISY tenía razón al decir (*Histoire de l'Architecture*, II, pág. 269) que las ojivas asientan menos que los plementos, pero erraba al suponer que esos arcos actuaban como elementos rígidos, recibiendo la mayor parte de la carga para convertirla en empujes.

hasta su total cerramiento y fraguado <sup>41)</sup>; simplificaban su trazado, moldeándola, dándola forma en el espacio, y, finalmente, producían un determinado efecto plástico. A las sombrías, pesadas y monótonas bóvedas románicas sustituían, en las nuevas iglesias construídas desde la segunda mitad del siglo XII, las nervadas, aéreas, luminosas y de aspecto ligero. En los edificios de aquel arte las líneas se dibujan en el espacio, como en la arquitectura clásica, por el encuentro de dos superficies, lo que produce contrastes bien definidos de luz y sombra; en el gótico — y esta es una de sus características fundamentales — el encuentro de dos superficies queda oculto siempre por otra curva, columna o moldura, dando lugar a transiciones suaves, difuminadas, de luces y sombras y produciendo un efecto de ligereza al que contribuye también la red de arcos, vigorosamente dibujados en esa forma, disfrazando muros, pilares y bóvedas.

Al mismo tiempo, el arte gótico rompe el equilibrio entre las proporciones tradicionales — ancho y alto — del edificio, extremando su altura, efecto aumentado ilusoriamente al multiplicar las columnas y molduras que, partiendo desde el pavimento del templo, se prolongan luego en las bóvedas por los arcos ojivos, fajones y formeros hasta las claves, a 33 metros de altura en la catedral de Le Mans, a 35 en Notre-Dame de París, a 37 en la de Bourges, y a la imprudente de 47,50 en la de Beauvais. Es lo que se ha llamado el impulso ascensional de la arquitectura gótica.

Este nuevo concepto de las bóvedas nervadas, debido en gran parte a Pol Abraham <sup>42)</sup>, exige una revisión completa de la teoría del arte gótico, para libertarle de las imposiciones técnicas y mecánicas que se suponía eran en él las fundamentales — la bóveda de ojivas, se dijo, engendró el arte gótico, provocando el brote de un nuevo estilo — y dar mayor importancia a los valores plásticos.

---

<sup>41)</sup> Esta utilidad de los nervios y arcos ojivos ha sido negada por Abraham con argumentos que me parecen poco convincentes.

<sup>42)</sup> P. ABRAHAM: *Viollet-le-Duc*, págs. 99-116; *Viollet-le-Duc et le rationalisme médiéval*, « Bulletin Monumental », XCIII, 1934, págs. 87-88.